临床研究

3D打印技术在髋臼骨折个性化导航模块设计中的应用

吴 毅[1],吴章林[1],孙永建[1],曾参军[2], 黄文华[3]
[1]南方医科大学第五附属医院,广东 广州 510900;[2]南方医科大学第三附属医院,广东 广州 510630;[3]南方医科大学解剖教研室,广东 广州 510515

摘要:目的 探讨3D打印技术结合虚拟手术设计为髋臼骨折患者制定个性化导航模块的可行性方案。**方法** 采集20例临床髋臼骨折薄层CT扫描数据,导入Mimic17.0中进行三维重建、虚拟骨折复位、内固定植入、导航模块设计。将复位骨折模型和导航模块3D打印出实物模型进行手术模拟并进行X线照片和CT扫描,比较虚拟手术与模拟手术导航螺钉长度、方向,是否进入髋关节。**结果** 所有病例均按照虚拟手术设计完成模拟手术,3D模拟手术螺钉进针位置和螺钉长度、方向与数字化设计高度一致,通过导航模块辅助植入螺钉107颗,螺钉长度进行配对t检验P=0.476(P<0.05),螺钉方向偏差大于1°~5°的7颗,偏差大于5°的0颗,没有螺钉进入关节腔。**结论** 3D打印结合虚拟手术设计能为髋臼骨折患者制定个性化导航模块,能有效提高内固定植入精确性。3D打印技术结合虚拟手术技术能为髋臼骨折患者制定个性化手术方案。

关键词:髋臼骨折;3D打印;导航;虚拟手术;数字化设计

Application of 3D printing in research of patient-specific intraoperative guides for acetabular fractures

WU Yi[1], WU Zhanglin[1], SUN Yongjian[1], ZENG Canjun[2], HUANG Wenhua[3]
[1]The Fifth Affiliated Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510900, China; [2]The Third Affiliated Hospital of Southern Medical University, Guangzhou 510630, China; [3]Department of anatomy, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: Objective To evaluate the feasibility of the patient-specific intraoperative guides for acetabular fractures through the technolgy of 3D printing and digit design. **Methods** Twenty patients with acetabular fractures were collected in this study. Data of CT scanning were imported into Mimics17.0 software for 3D anatomical modeling, virtual fracture reduction, virtual surgery and the design of intraoperative guides. 3D printing technique was used to print the reducted model and the patient-specific intraoperative guides for simulating the surgery. Finally, the real operation was compared with virtual preoperative design in terms of the direction and the length of screws. **Results** A total of 107 screws were implanted with intraoperative guides. The direction of screws were in high accordance with the digital design. The length of screws are compared with Paired-samples T Test and P=0.476. There are 7 screws direction deviation in 1-5°, no screw implangted in the joint. **Conclusion** The 3D printing technology combine with virtual surgery for acetabular fractures is feasible and effective to improve patient-specific intraoperative guides planning by surgery simulation in virtual and reality. Secondly, the combination of Three-Dimensional Printing and virtual surgical procedure can provide a patient-specific preoperative planning in acetabular fractures

Key words: acetabular fractures; 3D printing; navigation; virtual surgery; digit design

髋臼骨折是一种以高能量损伤为主的关节内骨折,骨折类型复杂多样,局部解剖结构复杂,关节位置深,术中暴露困难,术中容易损伤重要神经、血管、脏器等一系列难点使髋臼骨折成为创伤骨科最具挑战性的难题之一。目前针对髋臼骨折,手术已经成为最主要的治疗手段,早期复位和内固定,恢复髋关节的相适应性以及早期功能活动是治疗的最佳选择[1-4]。随着导航技术的出现和日益运用成熟,使髋臼骨折内固定植入更加精确而有效,但现有的导航存在诸多不足,基于X线的二维导航辐射量大,精度有限,而计算机导航操作繁琐,价格昂贵,临床推广困难。因此,寻求一种定位准确、辐射量低、造作简单、价格适中的导航是临床迫切需要。3D打印技术结合数字化技术在医学领域的应用为此提供了契机,陈玉兵等利用快速成型技术制作个性化导航模板辅助胸椎椎弓根螺钉准确植入[5]。目前针对髋臼骨折此方面的研究相对较少,本文将着重探讨利用数字化技术结合3D打印设计髋臼骨折个性化导航模块的可行性。

收稿日期:2016-06-21
作者简介:吴 毅,E-mail: 13682281800@163.com
通信作者:黄文华,E-mail: huangwenhua2009@139.com

1 资料与方法

1.1 临床资料

采集临床髋臼骨折薄层CT扫描数据20例,其中男10例,女10例,年龄19~64岁,平均38±2.3岁。CT扫描

部位:骨盆及股骨上段,扫描螺距0.5~0.8 mm,扫描电流180~250 mAs,扫描电压100~120 kV,矩阵:512×512,扫描数据以DICOM格式输出。

1.2 方法

1.2.1 三维建模及虚拟骨折复位 将薄层CT扫描数据以DICOM格式导入Mimics17.0(Materialise,比利时)进行三维重建,利用Edit mask in 3D去掉股骨头,通过平移、旋转多角度观察骨折情况,依据髋臼骨折的AO分型进行分类,其中A型8例、B型6例、C型6例。利用Edit mask in 3D对骨折块进行逐个分离并指定颜色,利用Reposition对骨折块进行平移、旋转等操作恢复其正常解剖结构(图1)。

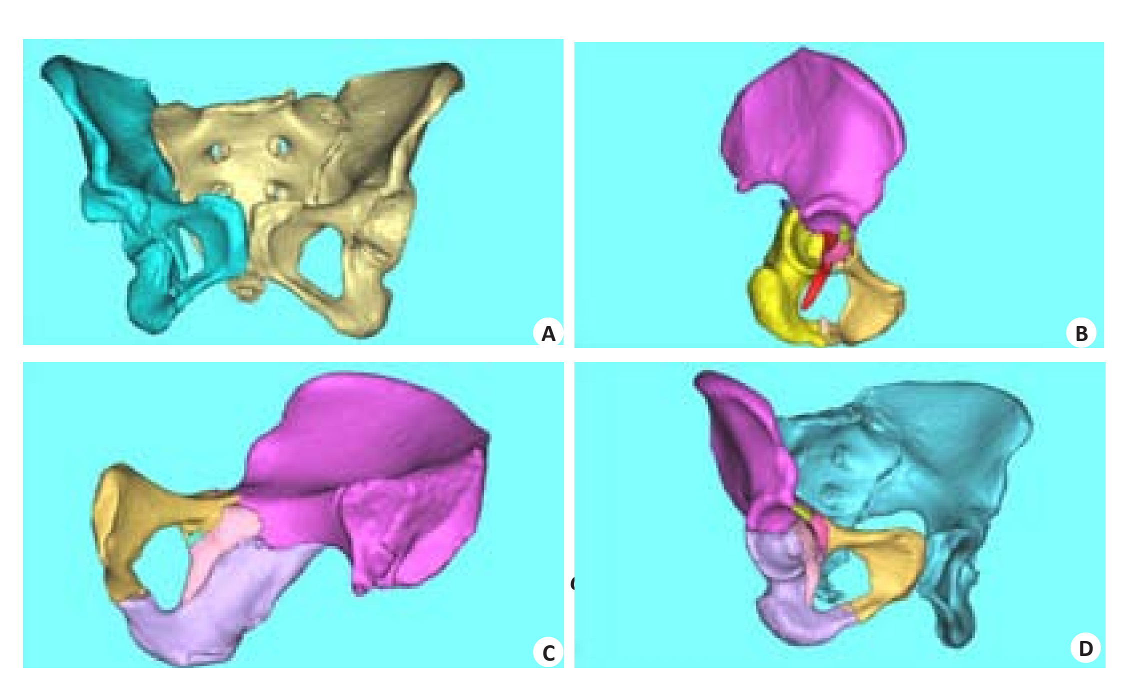


图1 三维建模及骨折块分离复位

A: Mimics17.0中进行三维重建; ***B:*** 三维编辑骨折块; ***C:*** 骨折虚拟复位; ***D:*** 髋臼复位效果图.

1.2.2 虚拟导航设计 根据骨折分型结合临床选择最佳手术入路,利用Create Spline在复位模型上初步确定最佳钢板植入位置,结合Spline利用Measurements功能按照和钢板1∶1比例进行测量并画线精确确定钢板植入位置和钉孔位置。利用Creat Cylinder创建和临床开槽克氏针直径一致圆柱体模拟钉道,按照手术实际需要调整螺钉位置和长度,并测量螺钉长度。

运用MedCAD创建合适直径圆柱体作为导航模块粗坯覆盖需要导航螺钉和骨面,结合周围解剖结构调整其位置,导航模块位置选择原则为能确定唯一位置并能避开重要血管、神经,运用Boolean Operation得到虚拟导航模块(图2)。

1.2.3 现实导航模拟 将复位骨折模型、导航模块以STL格式导出并用3D打印机MakerBot Replicator 2(Makerbot,美国)打印出实物模型并进行钢板折弯。借助导航模块,复位骨折模型进行克氏针植入模拟螺钉钉道并进行X光扫描,导航钉道确定之后将预弯钢板固定并进行CT扫描(图3)。

1.2.4 比较现实模拟和数字化设计情况 比较利用3D模型现实模拟和虚拟设计钢板位置、螺钉方向、螺钉长度并进行统计学分析。

2 结果

通过3D模型现实模拟手术,共植入钢板31根,螺钉241枚,设计导航模块导航螺钉107枚。通过3D打印结合虚拟手术设计,为髋臼骨折患者制定了最优化手术方案与个性化导航模块,通过术前虚拟与现实手术模拟,能有效提高内固定植入精确性。

3 讨论

髋关节作为人体最重要的负重关节和活动关节之一,髋臼骨折对内固定植入有着极高的要求,如不能恢复髋臼的完整性和稳定性、髋臼与股骨头的解剖关系,将导致严重的并发症[6],而如何实现精确而有效的内固定植入一直困扰着临床医生。近年来,随着影像学和计算机技术的发展,骨科导航技术日益成熟,使得内固定植入更加准确、有效。相对于传统的内固定植入方法,导航技术有着独特的优势,不仅在术中能有效避开重要

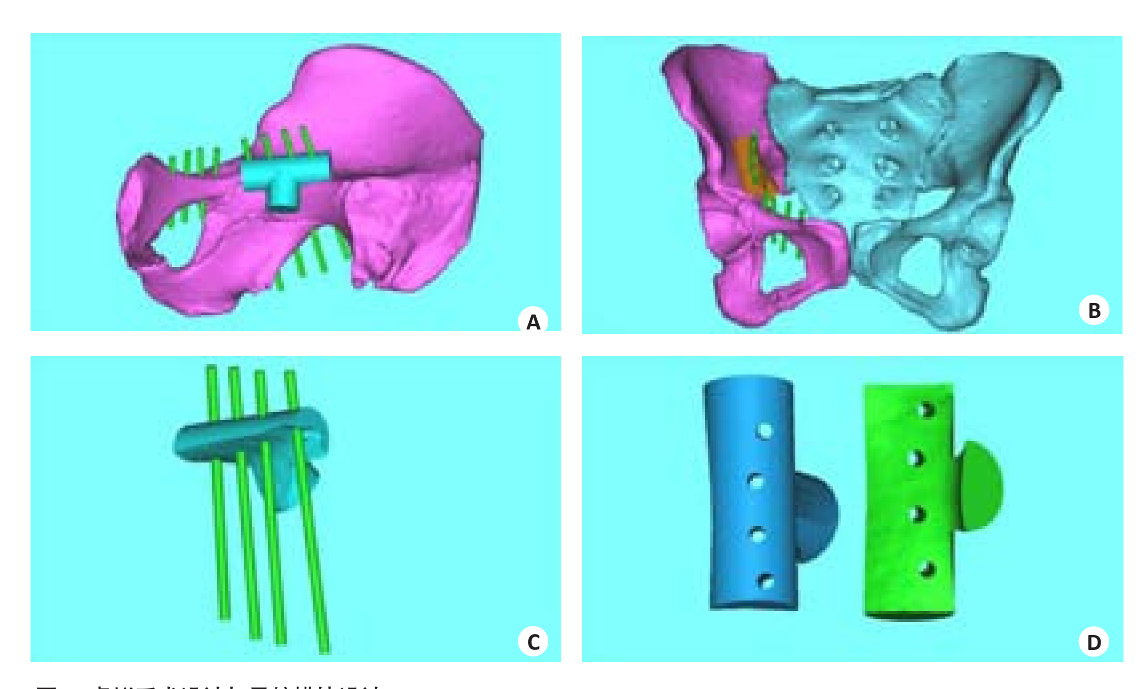


图2 虚拟手术设计与导航模块设计
A: 利用三维模型确定钉道及导航模块位置; *B*: 导航整体图; *C*: 导航效果图; *D*: 虚拟导航模块图.

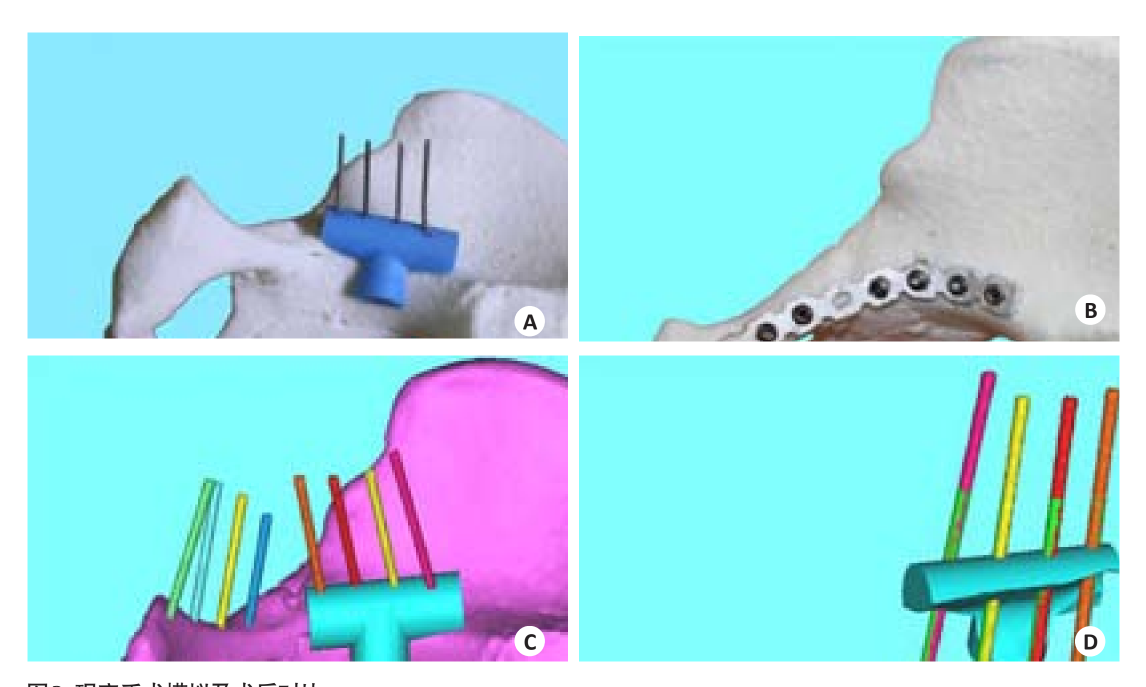


图3 现实手术模拟及术后对比
A, B: 利用3D打印模型模拟手术; *C*: 术后三维重建图; *D*: 虚拟设计与术后对比(绿色为术前设计钉道,彩色为术后钉道).

的血管、神经等重要解剖结构,更重要的是通过术中导航定位,显著提高了内固定植入的准确性和安全性[7]。本课题运用3D打印技术结合数字化技术制作髋臼骨折导航模块旨在降低导航成本、简化操作流程、提高导航准确性,为临床医生在髋臼骨折的治疗中提供一种新的导航选择。

随着影像学技术和计算机技术的日益发展,骨科导航技术有了日新月异的进步,特别是随着外科手术微创化、精准化、个性化、智能化的发展趋势,关于骨科导航系统的研究呈现出多元化的特点,而应用3D打印技术结合数字化技术制作个性化导航模块是骨科导航一个新的方向。本课题利用髋臼骨折CT扫描数据进行三维重建,三维模型能让医师细致、全面地观察骨折情况并作出准确诊断。利用重建模型进行虚拟手术有助临床医生制定个性化的手术方案。通过虚拟手术能按照实际手术需要设计钢板植入位置和螺钉植入位置、长度及方向,为关键螺钉设计导航模块。结合骨面标志进行虚拟导航模块设计具有很大灵活性,导航模块可以是单一

的,也可以是组合的。单一导航模块可用于导航解剖结构相对简单位置螺钉,组合式导航模块能有效避开重要血管、神经和软组织,组合式导航模块有效提高了对骨面应用的有效性和灵活性,这大大提高了导航模块的实用性。通过3D打印复位骨折模型术前辅助钢板折弯,能有效减少手术时间并在术中辅助骨折复位[8];运用3D打印复位模型和3D导航模块进行内固定植入模拟能检验虚拟设计的可行性并及时修正。本课题通过对髋臼骨折进行虚拟设计并运用3D模型进行内固定植入模拟结果表明,3D导航模块在骨面只有唯一敷贴位置并能有效辅助螺钉准确植入,利用3D打印模型进行模拟手术能有效展现虚拟手术设计。

相比现有的导航设备,数字化设计3D导航模块具有诸多优势。首先,3D导航模块能在术前虚拟设计并运用3D模型进行手术模拟,这不仅能有效验证虚拟设计的可行性,更有助于发现虚拟设计存在不足,而且虚拟设计可以反复调整以达到最优化程度。其次,3D导航设备价格相对实惠,术中操作简单方便,不需要手术医生进行专业培训,这大大提高了其实用性和通用性。最后,3D导航模块不需要患者反复暴露在射线下,这不仅简化了手术操作,而且减少了患者和手术医师的射线辐射量。

参考文献:

[1] 刘莹松, 杨述华. 髋臼骨折外科治疗进展[J]. 国际骨科学杂志, 2010, 31(3): 145-7.

[2] Matta JM. Fractures of the acetabulum: accuracy of reduction and clinical results in patients managed operatively within three weeks after the injury[J]. J Bone Joint Surg Am, 1996, 78(11): 1632-45.

[3] Mohanty K, Taha W, Powell JN. Non-union of acetabular fractures [J]. Injury, 2004, 35(8): 787-90.

[4] Giannoudis PV, Grotz MR, Papakostidis C, et al. Operative treatment of displaced fractures of the acetabulum. A meta-analysis [J]. J Bone Joint Surg Br, 2005, 87(1): 2-9.

[5] 陈玉兵, 陆 声, 徐永清. 个体化导航模板在胸椎椎弓根螺钉置入中的初步临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(8): 669-74.

[6] Hu Y, Li H, Qiao G, et al. Computer-assisted virtual surgical procedure for acetabular fractures based on real CT data[J]. Injury, 2011, 42(10): 1121-4.

[7] 周凯华, 罗从风. 导航技术在创伤骨科手术中的应用[J]. 国际骨科学杂志, 2007, 28(5): 285-7.

[8] 吴章林, 林海滨, 张国栋, 等. 3D打印应用于髋臼骨折数字化设计的实验研究[J]. 中国临床解剖学杂志, 2014, 11(3): 248-51.